

УДК621.9.048

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОЙ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ ПРОВОЛОЧНОГО ИНСТРУМЕНТА С ЦЕЛЮ ПРИДАНИЯ ЕЙ РЕЖУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

*д-р техн. наук, проф. М.Г. КИСЕЛЕВ, канд. техн. наук, доц. А.В. ДРОЗДОВ,
А.В. МОСКАЛЕНКО, П.С. БОГДАН
(Белорусский национальный технический университет, Минск)*

Рассматривается экспериментальная оценка эффективности применения электроконтактной обработки исходной поверхности проволочного (непрофилированного) инструмента с целью придания ей режущей способности. Установлено, что в результате такой обработки на поверхности проволоки образуются характерные для электроэрозионной обработки углубления (лунки), имеющие по краям наплывы металла, выходящие за контур проволоки. Показано, что эти наплывы металла представляют собой своеобразные режущие элементы (миниатюрные фасонные резцы), способные срезать материал заготовки, твердость которого ниже твердости проволочного инструмента. Приведены результаты экспериментальных исследований, подтверждающие эффективность применения электроконтактной обработки исходной поверхности проволочного инструмента с целью придания ей режущей способности.

Введение. В предшествующих исследованиях [1 – 3] использование электроконтактной обработки (ЭКО) поверхности проволочного инструмента изучалось с точки зрения ее влияния на повышение его режущей способности при выполнении операции распиливания твердых материалов с применением абразивных частиц, подаваемых в зону обработки в составе абразивной суспензии.

На основании анализа полученных экспериментальных данных установлено, что после ЭКО в результате электрической эрозии на поверхности проволочного инструмента образуются характерные лунки (углубления). В процессе распиливания они играют роль конструктивных элементов, препятствующих перекатыванию абразивных частиц в зоне скользящего контакта поверхностей инструмента и заготовки. В результате ее материал подвергается воздействию большего, чем при использовании инструмента с исходной (гладкой) поверхностью, количества абразивных частиц, находящихся в зоне обработки в закреплённом состоянии. По сравнению с перекатывающимися они вызывают более интенсивное разрушение материала заготовки, обуславливая тем самым повышение режущей способности (интенсивности распиливания) проволочного инструмента с модифицированной за счет ЭКО поверхностью в сравнении с аналогичным показателем у инструмента, применяемого в исходном ее состоянии. Специфической особенностью формируемых на поверхности инструмента лунок является наличие по их краям характерных наплывов металла, выходящих за исходный диаметр проволоки (рис. 1).

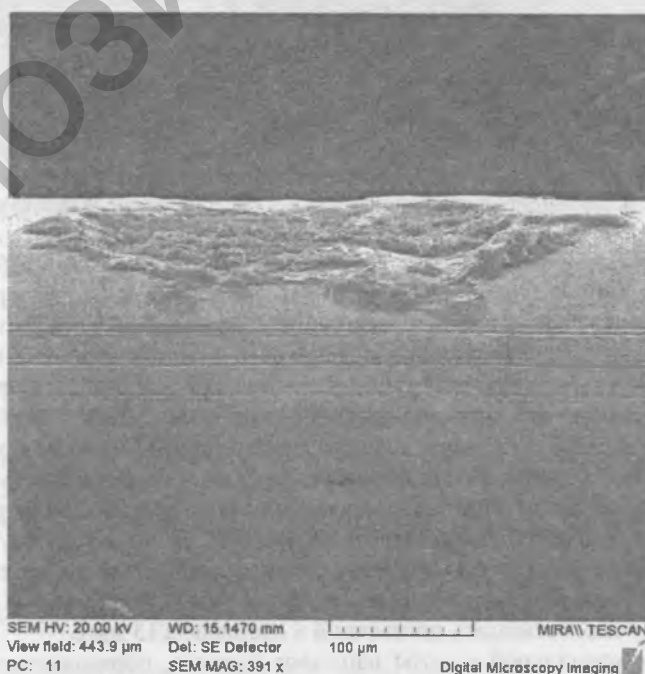


Рис. 1. Поверхность проволочного инструмента после ее ЭКО

В процессе ЭКО наплывы металла образуются в результате выброса расплавленного металла из лунки и его последующего затвердевания по ее краю в месте пересечения с поверхностью проволоки. В принципе, эти наплывы металла на поверхности проволоки оправданно рассматривать как режущие элементы, способные в процессе распиливания разрушать (срезать) материал заготовки, твердость которого ниже твердости металлической проволоки, отказавшись при этом от использования абразивного материала. Следовательно, в этом случае применение электроконтактной обработки исходной поверхности проволочного инструмента направлено на придание непосредственно ей режущей способности.

Однако в настоящее время отсутствуют систематизированные как теоретические, так и экспериментальные данные, отражающие возможность и целесообразность применения предлагаемого способа модификации исходной поверхности проволочного инструмента с целью придания ей режущей способности. В этой связи целью данной работы явилась экспериментальная оценка эффективности использования электроконтактной обработки исходной поверхности проволочного инструмента для обеспечения его режущей способности.

Методика проведения экспериментальных исследований. На рисунке 2 представлена экспериментальная установка, примененная в исследованиях для электроконтактной обработки исходной поверхности проволочного инструмента. Она состоит из деревянного массивного основания 1, на котором смонтирована установочная призма 2, в которой закреплен электродвигатель постоянного тока 3 с встроенным редуктором. На его валу между двумя фланцами 4 консольно закреплены проволочные электроды-инструменты 5. При работе электродвигателя они периодически контактируют с обрабатываемой поверхностью образца проволочного инструмента 6, закрепленного в натянутом состоянии между концами П-образной рамки 7. Последняя с помощью направляющих 8 устанавливается в рабочем положении и имеет возможность продольного перемещения по ним вдоль оси обрабатываемой проволоки.

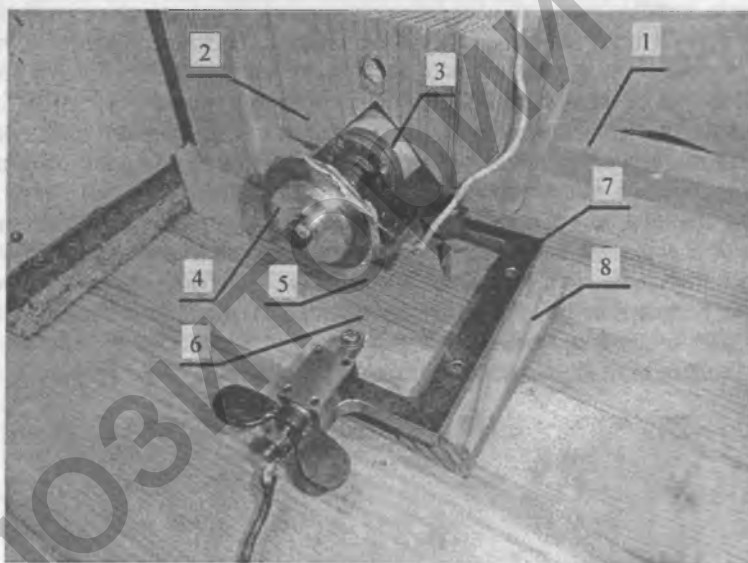


Рис. 2. Экспериментальная установка для ЭКО проволочного инструмента

Электрическая часть установки собрана в отдельном блоке и включает в себя источник постоянного тока с регулируемой величиной напряжения, батарею накопительных конденсаторов с изменяющейся емкостью, подключенных параллельно к периодически контактирующим поверхностям инструмента и обрабатываемой заготовки, а также последовательно включенного в цепь токоограничивающего резистора (галогеновая лампа). В качестве электродов-инструментов использовалась стальная проволока диаметром 0,35 мм, имеющая при ее закреплении между фланцами свободную длину 50 мм. Электроконтактной обработке подвергались стальные проволочные образцы исходным диаметром 0,35 мм. Выполнялась она при прямой полярности (анодом служила обрабатываемая проволока) и на воздухе без использования диэлектрической жидкости. В ходе проведения экспериментов варьировались следующие параметры режима ЭКО: напряжение накопительного конденсатора U (изменялось от 36 до 75 В) и его емкость C (изменялась от 70 до 250 мкФ); частота прерывания электрической цепи за счет изменения частоты вращения двух проволочных электродов-инструментов f регулировалась от 2 до 10 Гц, а скорость продольного перемещения обрабатываемого образца во всех случаях оставалась постоянной и составляла 15 мм/с.

Для определения максимальной высоты наплывов металла, образовавшихся на цилиндрической поверхности проволоки в результате ее электроконтактной обработки, использовалась следующая мето-

дика. Первоначально с помощью электронного микрометра с ценой деления 1 мкм определялся диаметр проволочного образца, закрепленного в рамке, в исходном состоянии его поверхности. Измерения выполнялись в трех по длине образца сечениях: в средней его части и на расстоянии 10 и 15 мм по обе стороны от него. За окончательное значение диаметра проволоки принималось среднее арифметическое результатов этих измерений. Аналогичным образом измерялся диаметральный размер инструмента после его электроконтактной обработки. Учитывая, что она осуществлялась в одном продольном сечении проволоки, т.е. наплывы металла располагались только со стороны рабочей части инструмента, разность диаметрального размера и исходного диаметра проволоки соответствует их максимальной высоте.

После этого рамка с обработанным проволочным образцом монтировалась на специально созданной установке для определения его режущей способности [3]. Она оценивалась по интенсивности распиливания им образцов из различных материалов, которая определялась отношением площади пропиленного на них участка S ко времени обработки t , $i = S / t$ (мм²/мин). В принятой технологической схеме распиливания проволочный инструмент прижимается с постоянным усилием (300 Н) к поверхности образца, совершающего относительно него возвратно-поступательное движение с частотой 30 дв. ход/мин и величиной хода 100 мм. Во всех экспериментах продолжительность распиливания была постоянной и составляла 10 мин. Глубина полученного на образцах пропила определялась с помощью микроскопа ММИ-2, после чего вычислялась площадь удаленного на нем материала. Использовались образцы из дерева (сухая сосна), органического стекла, мрамора и кости.

Результаты экспериментальных исследований и их обсуждение. Влияние напряжения накопительного конденсатора при выполнении ЭКО проволочного инструмента на высоту наплывов металла, получаемых на его поверхности, а также на значение интенсивности распиливания им образцов из различных материалов отражают данные, приведенные в таблице.

Высота наплывов металла на поверхности проволочного инструмента и значение интенсивности распиливания им образцов из различных материалов в зависимости от напряжения накопительного конденсатора

Напряжение накопительного конденсатора, В	Высота наплывов металла на модифицированной поверхности проволочного инструмента, мкм	Интенсивность распиливания образцов из различных материалов, мм ² /мин			
		мрамор	органическое стекло	кость	дерево
36	4	0	0,15	1,2	0,27
42	5	0,45	0,3	1,2	0,45
75	18	2,4	3,3	8	16,2

Из анализа этих данных следует, что с повышением напряжения накопительного конденсатора в ходе выполнения электроконтактной обработки проволочного инструмента высота формируемых на его поверхности наплывов металла нелинейно возрастает, достигая 18 мкм при $U = 75$ В против 4 мкм при $U = 36$ В. Такая зависимость объясняется тем, что с повышением U возрастает энергия электрического импульса, действующего между электродами, а соответственно увеличивается размер образовавшейся на поверхности проволочного образца лунки. Это сопровождается возрастанием количества выброшенного из нее расплавленного металла, в результате чего увеличивается высота его наплыва по краям лунки. Следовательно, путем изменения энергии импульса за счет регулирования напряжения накопительного конденсатора, его емкости и длительности протекания импульса можно целенаправленно влиять на высоту получаемых на обрабатываемой поверхности наплывов металла. Кроме того, как показали результаты исследования состояния обработанной поверхности проволочного инструмента, энергия электрического импульса оказывает влияние на форму формируемых на ней наплывов металла (рис. 2).

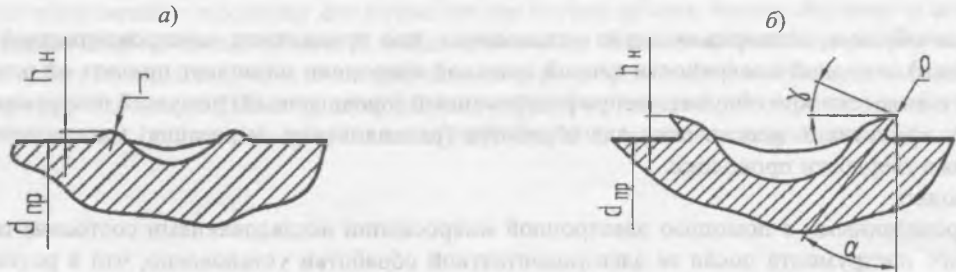


Рис. 2. Схема наплывов металла, формируемых на поверхности проволочного инструмента в процессе ЭКО

Так, при малом значении энергии импульса эти наплывы имеют незначительную высоту и скругленную (радиусом r) по краю лунки форму (рис. 2, а). По мере возрастания этой энергии одновременно с

увеличением высоты наплывов изменяется и их форма, они становятся более вытянутыми и имеют характерную границу (кромку) в месте сопряжения с исходной поверхностью проволоки (рис. 2, б).

Следует подчеркнуть, что наличие на поверхности проволочного инструмента именно таких наплывов металла придает ей режущую способность, так как они представляют собой своеобразные режущие элементы. В частности, они характеризуются расположенной по криволинейной в плане режущей кромкой с радиусом при ее вершине ρ , передним углом γ и задним α . Поэтому в процессе распиливания они способны снимать стружку с обрабатываемого материала при условии, что его твердость ниже твердости проволочного инструмента. Причем благодаря симметричному расположению относительно центра лунки эти элементы осуществляют резание при относительном движении проволочного инструмента вдоль его оси в обоих направлениях.

Отмеченные положения полностью подтверждаются результатами экспериментальных исследований, полученных при распиливании образцов из различных материалов проволочным инструментом с модифицированной поверхностью (см. таблицу). Так, с увеличением высоты наплывов металла (режущих элементов) на исходной поверхности инструмента за счет повышения напряжения накопительного конденсатора интенсивность распиливания образцов во всех случаях нелинейно возрастает. То есть в диапазоне изменения U с 36 до 42 В наблюдается незначительное увеличение ее значения, что объясняется формированием на поверхности инструмента лунок небольших размеров с малой высотой наплывов металла (4...5 мкм), имеющих скругленную форму, которые из-за отсутствия режущей кромки не в состоянии эффективно осуществлять процесс резания обрабатываемого материала. При напряжении накопительного конденсатора 75 В на обработанной поверхности инструмента образуются лунки существенно большего размера, имеющие по краям вытянутые по форме наплывы металла значительно большей высоты (18 мкм). В этом случае в процессе распиливания они, выступая в роли миниатюрных резцов, осуществляют резание обрабатываемого материала, что подтверждается наличием продуктов разрушения в виде мелкодисперсной стружки (рис. 3). Как следует из полученных экспериментальных данных, с увеличением твердости обрабатываемого материала интенсивность его распиливания проволочным инструментом снижается. Так, наименьшее ее значение наблюдается при обработке мрамора (2,4 мм²/мин), имеющего наибольшую из примененных материалов твердость, а при распиливании наименее твердого деревянного образца она имеет максимальное значение (16,2 мм²/мин).

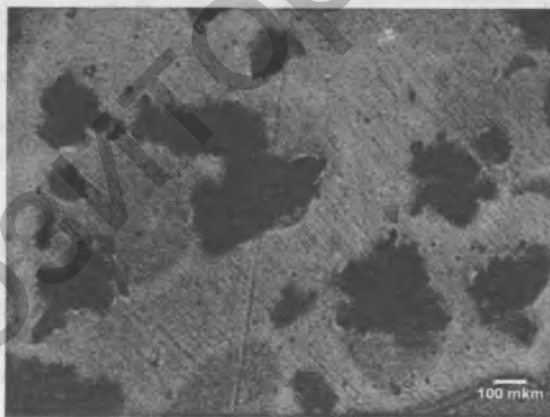


Рис. 3. Снимок стружки, полученной в процессе распиливания деревянного образца

Таким образом, экспериментально установлено, что применение электроконтактной обработки (модификации) исходной поверхности тонкой стальной проволоки позволяет придать ей режущую способность, а соответственно получить непрофилированный (проволочный) режущий инструмент, который может быть эффективно использован для обработки (распиливания, вырезания) материалов, твердость которых ниже твердости проволоки.

Выводы:

1) проведенными с помощью электронной микроскопии исследованиями состояния поверхности проволочного инструмента после ее электроконтактной обработки установлено, что в результате электрической эрозии на ней образуются характерные углубления (лунки), имеющие по краям наплывы металла, выходящие за ее исходный контур. Эти наплывы на поверхности проволочного инструмента представляют собой конструктивные элементы, придающие ей режущую способность, т.е. возможность срезать в процессе распиливания материал заготовки, твердость которого ниже твердости проволоки;

2) установлено, что геометрические параметры этих наплывов (их форма и высота) зависят от энергии импульса в процессе электроконтактной обработки поверхности проволоки. Так, при низких ее значениях (напряжение накопительного конденсатора $U = 36...42$ В) образуются наплывы небольшой высоты (4...5 мкм), которые имеют скругленную форму поперечного сечения и характеризуются плавным сопряжением с исходной поверхностью проволоки, а поэтому они не способны осуществлять процесс резания. В случае большой энергии импульса ($U = 75$ В) одновременно с увеличением высоты наплывов до 18 мкм изменяется форма их поперечного сечения, которая характеризуется наличием выступающей острой кромки в месте сопряжения с исходной поверхностью проволоки, т.е. формируется элемент в виде миниатюрного фасонного резца, благодаря чему она приобретает режущую способность;

3) получены экспериментальные данные, отражающие влияние напряжения накопительного конденсатора (энергии импульса) в процессе электроконтактной обработки исходной поверхности стального проволочного инструмента на интенсивность распиливания им образцов из мрамора, органического стекла, кости и дерева. На основании их анализа установлено, что с увеличением U в диапазоне от 36 до 75 В интенсивность распиливания образцов нелинейно возрастает, а с повышением их твердости снижается. Значение интенсивности распиливания определяется параметрами сформированных на поверхности проволоки в процессе ее ЭКО наплывов металла. Так, с увеличением их высоты с одновременным уменьшением радиуса скругления выступающих на них кромок (режущих элементов), что обеспечивается соответствующим повышением энергии импульса при ЭКО, режущая способность проволочного инструмента возрастает, а соответственно, повышается интенсивность распиливания им обрабатываемых образцов;

4) применение электроконтактной обработки исходной поверхности проволочного инструмента является эффективным и простым в реализации способом придания ей режущей способности, что достигается путем формирования на ней за счет явления электрической эрозии конструктивных элементов (наплывов металла), выполняющих функцию миниатюрных фасонных резцов, обеспечивающих при распиливании (вырезании) процесс резания материала заготовки, если его твердость ниже твердости проволоки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Модификация исходной поверхности проволочного инструмента с целью придания ей режущей способности путем применения электроконтактной обработки / М.Г. Киселев [и др.] // Вестн. Белорусско-Российского ун-та. 2012. – № 1(34).
2. Влияние способа выполнения электроконтактной обработки исходной поверхности проволочного инструмента на его режущую способность / М.Г. Киселев [и др.] Вестн. ГГТУ им. П.О. Сухого. – 2012. – № 3(50).
3. Методика и оборудование для оценки режущей способности проволочного инструмента / М.Г. Киселев [и др.] // Метрология и приборостроение. – 2012. – № 1.

Поступила 05.03.2013

EFFECTIVENESS OF APPLICATION OF CONTACT-INITIATED MACHINING OF THE SURFACE OF WIRE INSTRUMENT TO GIVE IT CUTTING

M. KISELEV, A. DROZDOV, A. MOSKALENKO, P. BOGDAN

Experimental estimation of the effectiveness of usage of contact-initiated machining of the initial surface of wire instrument to give it cutting capacity is considered. It is stated, that as the result of such machining hollows typical for electroerosive machining are formed on the surface of wire, having dissolves of metal on the edges, which come out of the circuit of wire. It is shown, that these dissolves of metal are peculiar cutting elements (shaped cutters in miniature), able to cut the material of a workpiece, the hardness of which is lower than the hardness of wire instrument. Results of experimental studies are presented, which prove the effectiveness of application of contact-initiated machining of the initial surface of wire instrument to give it cutting capacity.